ALTERAÇÃO NA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS PELA URBANIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGUNA DE PIRATININGA, NITERÓI/RJ

Marcello Pires Marques dos SANTOS[1]
Sandra Fernandes de ANDRADE[2]
José Antonio BAPTISTA NETO[3]

RESUMO

O sedimento pode exercer tanto um efeito benéfico quanto maléfico sobre o meio ambiente (homem/natureza). Sua remoção e transporte são processos naturais que podem ser potencializados a partir do desenvolvimento de atividades ligadas ao processo de urbanização (construção de edificações, terraplanagem, abertura de ruas, etc.), levando a alterações nas áreas de produção natural de sedimentos e criando novas áreas produtoras que irão gerar assim: uma grande quantidade de sedimentos para os ambientes receptores (rios, ambientes costeiros, etc.); grande disponibilidade de sedimentos para o escoamento superficial urbano; adição de partículas na atmosfera; dentre tantos outros problemas que na maioria das vezes serão sentidos apenas a longo prazo.

A Bacia Hidrográfica da Laguna de Piratininga está localizada no município de Niterói (RJ), na chamada "Região Oceânica de Niterói". Esta bacia é formada principalmente por cinco sistemas de drenagem de pequena vazão que deságuam na laguna: o Córrego da Viração, o Valão do Cafubá, o Rio Arrozal, o Valão de Santo Antônio e o Rio Jacaré, seu principal tributário.

O processo de parcelamento da "Região Oceânica" se inicia na década de 40 do século passado. Mas o crescimento populacional se acelera a partir da década de 70 com a inauguração da Ponte Rio-Niterói. Neste período também são realizadas as maiores intervenções urbano-ambientais na Bacia Hidrográfica da Laguna de Piratininga pelo poder público (municipal/estadual/federal) em conjunto com o capital privado imobiliário, contribuindo para acelerar o processo de ocupação do solo através de loteamentos, condomínios e favelas, que surgem sem qualquer tipo de planejamento.

Desta forma, o desenvolvimento urbano e suas atividades fizeram com que rapidamente os ambientes naturais e a própria produção de sedimentos fossem alterados. A intensa ocupação da porção norte/nordeste/leste da bacia, possuidora das encostas menos íngremes e das maiores áreas de planície, criaram as condições que levaram ao atual estado de degradação porque passa este ponto da bacia hidrográfica e a própria laguna. A intensa produção de sedimentos pela urbanização provocou a entrada de material fino (silte e argila) acima do nível de estabilidade do sistema.

A porção noroeste/oeste da bacia encontra-se em um estágio inicial, porém rápido de ocupação, justamente pelo fato de possuir as encostas mais íngremes (Morro da Viração) e as menores áreas de planície. A partir do momento que houver a intensificação do processo de urbanização nesta região, conseqüentemente haverá um *input* de sedimentos finos que atingirão esta porção da laguna e da bacia em proporção talvez muito maiores do que a quantidade produzida pela porção norte/nordeste/leste, gerando uma série de problemas que poderão levar ao colapso total do sistema em função de seu quadro atual.

[1] C&C Technologies, Geógrafo, Especialista em Geologia e Geofísica Marinha, marcellopms@yahoo.com
[2] Universidade Federal Fluminense, Mestranda em Geoquímica Ambiental, sfernandesdeandrade@yahoo.com.br
[3] Universidade Federal Fluminense, Professor Doutor, jneto@igeo.uff.br

As conseqüências do processo de urbanização e alterações do uso da terra na Bacia Hidrográfica da Laguna de Piratininga pós-década de 70, em relação ao grande volume de sedimentos disponibilizados pelas construções, terraplanagens, abertura de ruas, etc., podem ser facilmente percebidas, já que os ambientes receptores (rios e laguna) passam por problemas ocasionados pela perda da qualidade da água pela turbidez, com a concentração de matéria orgânica nos sedimentos, pelo assoreamento, pela grande quantidade de partículas em suspensão no ar, etc.

INTRODUÇÃO

A associação da laguna de Piratininga com a laguna de Itaipu forma um complexo lagunar, o chamado Sistema Itaipu, situado entre as latitudes 22°58' e 22°56' S e as longitudes de 43°06' e 43°03' W. A partir da Baía de Guanabara, em direção ao extremo norte do litoral fluminense, são as primeiras lagunas de uma série, localizas entre Niterói e o cabo Frio (MIRANDA et al, 2002; PMN/SUMA, 1996; RESENDE e SILVA, 1995).

A Bacia Hidrográfica da Laguna de Piratininga (Figura 1) está localizada no município de Niterói, Estado do Rio de Janeiro, na chamada "Região Oceânica de Niterói". Com uma área de aproximadamente 23,2 km^2, esta bacia é formada por 5 sistemas principais de drenagem que convergem para esta laguna: o Córrego da Viração, o Valão do Cafubá, o Rio Arrozal, o Valão de Santo Antônio e o Rio Jacaré (seu principal tributário). Suas nascentes estão localizadas nas elevações próximas e seus baixos cursos desenvolvem-se sobre área sedimentar (RESENDE e SILVA, 1995; PMN/SUMA, 1996).

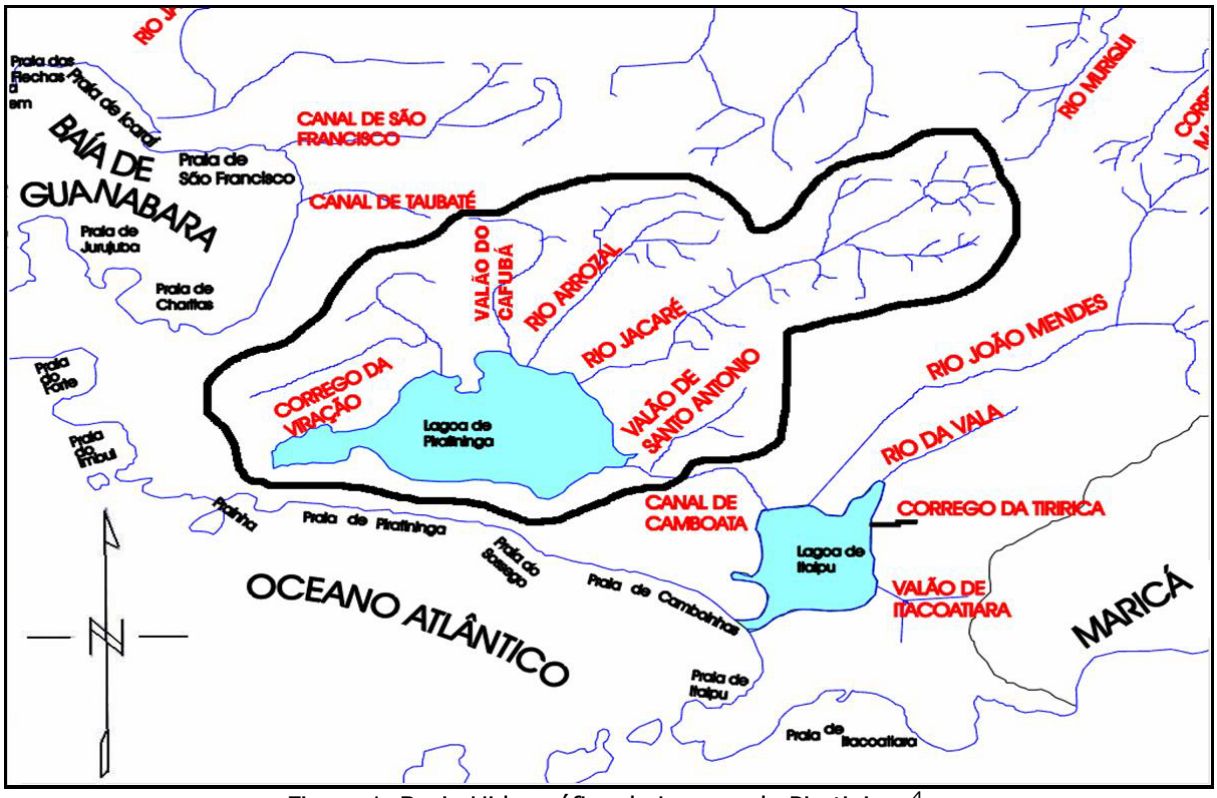

Figura 1. Bacia Hidrográfica da Laguna de Piratininga[4].

Em função dos depósitos fluvio-lacustres, da baixa declividade entre a baixada e as lagunas e do afloramento do lençol freático da região, a drenagem da "Região Oceânica de Niterói" naturalmente apresenta problemas consideráveis no que tange a dificuldade para o escoamento das águas, sendo os fluxos inicialmente rápidos, diminuindo consideravelmente sua velocidade quando atingem as zonas de baixada, onde então ocorrerá um

[4] PMN/SECITEC (1999, *In* Maia, 1999).

transbordamento natural agravado pela maneira como foi feita a ocupação do solo nesta região (PMN/SUMA, 1996).

Com a inauguração da Ponte Rio-Niterói na década de 70, o crescimento populacional e a urbanização da Região Oceânica são impulsionados, levando a uma rápida alteração dos ambientes naturais e da própria produção de sedimentos na bacia hidrográfica pela falta de planejamento na ocupação de áreas da bacia.

Diferentemente do que ocorre nas regiões de clima temperado, nas regiões tropicais as temperaturas e as altas pluviosidades propiciam a formação de solos profundos na forma de regolitos, que podem transformar-se em sedimentos de escoamento superficial urbano. Além disto, o que pode diferenciar as cidades de clima temperado da cidade de Niterói, onde o clima é tropical, é que nestas cidades não houve um índice de desmatamento tão intenso quanto em Niterói (BAPTISTA NETO et al,1999).

MÉTODOS e TÉCNICAS

Para a realização deste trabalho foram utilizados levantamentos de dados na literatura, e; idas a campo para visualização e entendimentos dos processos atuantes na área de estudos.

O levantamento bibliográfico se baseou em livros, artigos de revistas e jornais e em outros tipos de mídia, como sítios da Internet, CD'Rom, etc, no intuito de agregar o máximo possível de informações referentes à área de estudos, bem como de experiências semelhantes em outras áreas, possibilitando assim a análise dos dados coletados na literatura juntamente com os dados referentes ao campo, sua reflexão e posterior produção do texto.

As idas a campo foram realizadas de outubro/2003 a janeiro/2004 e tiveram como objetivo possibilitar a análise de como a produção de sedimentos está sendo alterada pela urbanização da Bacia Hidrográfica da laguna de Piratininga, bem como as possíveis conseqüências desta alteração.

1 – Maciços costeiros, planícies e lagunas costeiras do município de Niterói

O município de Niterói está inserido no chamado "litoral das escarpas cristalinas", sendo seus maciços costeiros basicamente formados por morros gnáissicos escarpados que por ora estão mais recuados e por outra mergulham no mar. Na maior parte do tempo o relevo possui alinhamentos de morros com perfil arredondado com direção NE-SO (Serra da Tiririca, por exemplo), L-O (Morro do Cavalão, por exemplo) e alguns alinhamentos com direção NE-SO (nos bairros do Barreto e Engenhoca). Também é possivel encontrar paredões com afloramentos rochosos em boa parte do município (AMADOR, 1996; SARDENBERG Jr., 1999).

No caso da região do Sistema Piratininga-Itaipu (Tabela 1), o relevo é fortemente influenciado pela geologia da região (Figura 2). Segundo Resende (1995), dentre principais feições morfológicas da região de Piratininga destacam-se: a laguna propriamente dita, a restinga com direção aproximadamente NW-SE, a planície flúvio-lacustre[5] situada à nordeste; o canal de Camboatá, a leste; e os morros da Viração ou Preventório, a noroeste; a nordeste o morro do Cantagalo e; a leste o Morro da Peça.

[5] Os depósitos fluvio-lacustres aparecem nas áreas situadas no fundo das Lagoas de Piratininga e Itaipu, sendo sua composição de sedimento síltico-argiloso e material turfoso, onde o excesso de umidade é uma característica marcante **(DRM-RJ, 1981, In PMN/SUMA, 1996)**.

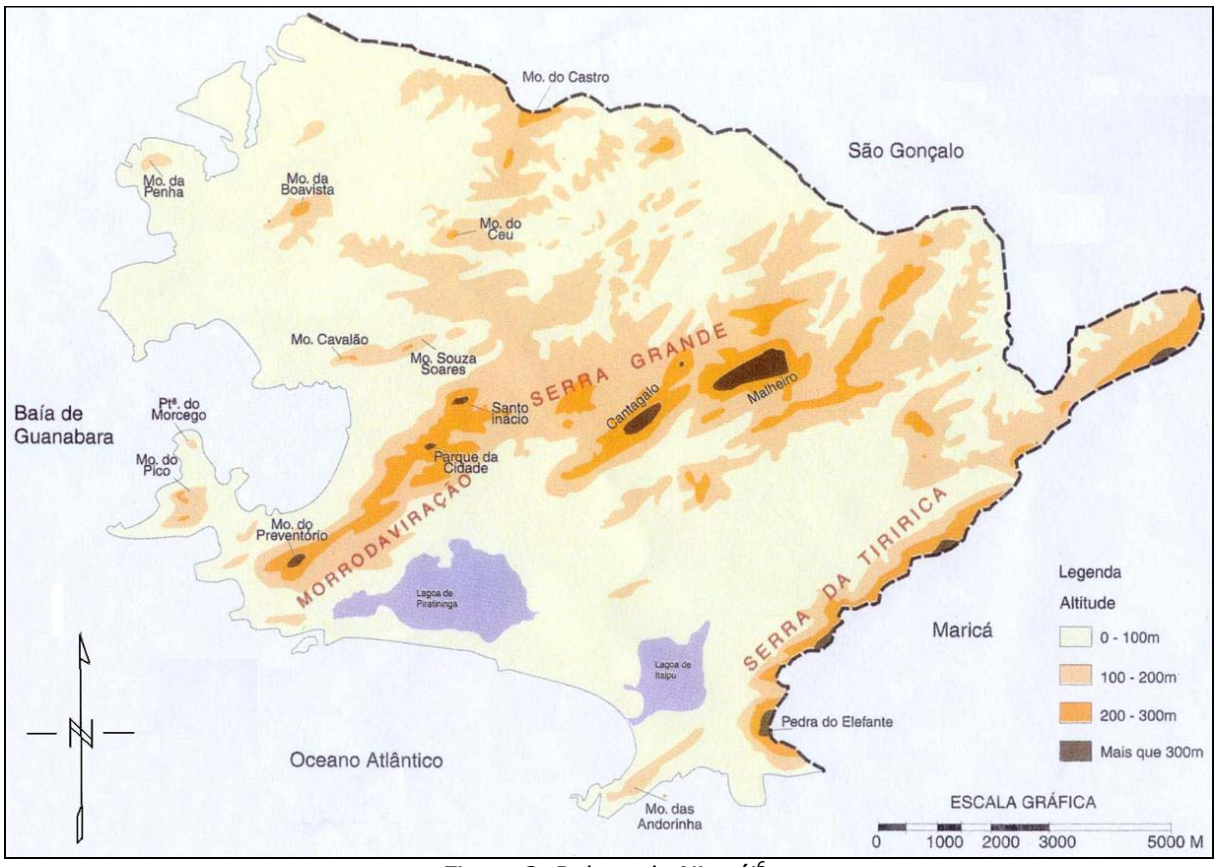

Figura 2. Relevo de Niterói[6].

Segundo Resende (1995), até aproximadamente a década de 80, a laguna de Piratininga possuía três ilhas: a Ilha do Modesto, a nordeste; e a Ilha do Pontal, mais a noroeste, e; a Ilha do Tibau, localizada no setor oeste da laguna. Sua ligação com a laguna de Itaipu se dá através de um canal artificial, o Canal de Camboatá, que tem aproximadamente 2,6 km de extensão.

Tabela 1 - Área das lagunas da Guanabara até Cabo Frio (RJ) e suas bacias de drenagem[7].

Sistema Lagunar	Bacia de Drenagem (km^2)	Laguna (km^2)	Total (km^2)
Piratininga-Itaipu	41,3	4,6	45,9
Marica-Guarapina	278,1	36,3	314,4
Jaconé-Saquarema	218,2	26,4	244,6
Araruama	314,3	206,8	521,1
Outros	59,4	6,4	65,8

2 – Produção de Sedimentos

Sedimento pode ser definido com a partícula derivada da rocha, ou de materiais biológicos, que pode ser transportada por fluido; ou como sendo a partícula derivada da fragmentação das rochas, por processo físico ou químico, e que é transportada pela água ou pelo vento do lugar de origem aos rios e aos locais de deposição; ou ainda, como sendo o material sólido em suspensão na água ou depositado no leito (CARVALHO, 1994).

2.1 – Atores que influenciam na produção de sedimentos

Segundo Carvalho (1994), erosão é o fenômeno do desgaste das rochas e solos, com desagregação, deslocamento ou arraste das partículas por ação da água ou outros agentes, como o vento. A erosão se constitui no início de todos os problemas derivados do sedimento

[6] Fonte: PMN/SECITEC (1999, In Maia, 1999).
[7] Adaptado e modificado de Perrin (1999).

no meio ambiente. Além de produzir sedimento "prejudicial", também pode causar sérios danos ao ambiente urbano. Dentre as propriedades que afetam a erosão dos solos pode-se destacar: a textura, a densidade aparente, a porosidade, o teor de matéria orgânica, o teor e a estabilidade dos agregados, dentre outros.

Segundo Amaral Filho (1993), as partículas do solo não são igualmente deslocadas pela água, sendo as partículas menores mais facilmente transportadas. Em ordem crescente tem-se: Argila, Silte, Areia Fina, Areia Grossa.

Sobre a produção de sedimentos, pode-se dizer que a vertente seria a principal fonte produtora da carga sedimentar e a rede de drenagem o principal meio de transporte. A presença ou não de vegetação no trajeto do escoamento superficial será um dos fatores que levarão a uma maior ou menor perda do solo em função da velocidade e da turbulência do fluxo no escoamento e a forma como este fluxo estará distribuído. O desmatamento e o crescimento da área urbana são fatores relevantes no processo de alteração na configuração do escoamento superficial.

A temperatura e a insolação são outros efeitos climáticos de grande importância durante o processo erosivo, isto porque ambos provocarão dilatações e contrações sucessivas que enfraquecerão o solo e conseqüentemente permitirão uma maior remoção de partículas. O vento não possui uma importância tão grande se comparado a água, mas este contribuirá com o transporte de parte do material já desagregado, principalmente nos terrenos planos (CARVALHO, 1994).

A espessura do solo será ditada pela relação existente entre duas variáveis: a produção (intemperismo) e a remoção (erosão) de material. Quando existe uma harmonia entre estas duas variáveis a tendência é que a espessura do solo seja praticamente a mesma ao longo do tempo.

3 – Produção de sedimentos pela urbanização

De acordo com Douglas (1985, In Baptista Neto, 1996), embora o sedimento seja removido e transportado por processos naturais, o desenvolvimento urbano e suas atividades criam novas fontes e aumenta as fontes naturais. Assim, a expansão urbana e todos os seus desmembramentos produzem grandes alterações no balanço existente entre a produção e a remoção de material.

Segundo Douglas (1986), as modificações sofridas pela superfície da terra por intermédio da construção de edificações, rodovias e outros componentes urbanos fabricados, modificam a energia, a água e o orçamento químico e parte da própria superfície terrestre. Estas modificações vêm ocorrendo em larga escala e afetam a operação do ciclo hidrológico e conseqüentemente os processos de erosão e sedimentação.

De acordo com Douglas (1986), a criação de uma cidade envolve grandes transferências de material, dentro da cidade e para fora da cidade. Estas incluem uma maior atividade de movimentação de sedimento pelo processo de construção e modificações no ciclo hidrológico que influem nos materiais da superfície do solo. A redistribuição da perturbação numa área urbana altera o movimento natural da água no solo e dissolução de substâncias dentro da área da cidade. Ainda de acordo com Douglas (1986), o processo de construção modifica a natureza da cobertura da terra temporariamente e permanentemente, e induz mudanças na relação entre a energia das gotas de chuva e a quantidade de sedimentos transportados para os cursos d'água. Por sua vez, um aumento ou diminuição no fornecimento de sedimentos presentes na quantidade de água fornecida aos canais d'água afetaria a estabilidade desses cursos d'água e conseqüentemente a configuração do rio à jusante, com erosão ou agradação do canal.

Os movimentos de massa que ocorrem nas áreas onde são feitos aterros para nivelar a terra, principalmente os que são realizados em encostas, geralmente produzem estruturas de fluxo que movem-se progressivamente em direção aos rios e ambientes costeiros. Os

processos erosivos existentes neste tipo de materiais são provavelmente a principal fonte de sedimentos urbanos, principalmente no período de desmatamento e na fase pré-construção (BAPTISTA NETO, 1996).

De acordo com Baptista Neto (1996), a produção de sedimentos, no entanto, é fortemente dependente da freqüência e magnitude das chuvas, das características do solo, da profundidade do regolito e a vários outros parâmetros de encosta. Mesmo quando a construção urbana está completa, a variedade de fontes de sedimentos continua a existir. Poeiras e outros tipos de construções adicionam partículas tanto na atmosfera quanto na água de escoamento superficial urbano. Assim, pode-se considerar que o processo de urbanização é uma das mais recentes influências humanas para contribuição de grande quantidade de sedimentos para os ambientes receptores, tais como rios e ambientes costeiros.

De acordo com Jansson (1982, In Baptista Neto, 1996), a expansão urbana implica na construção de rodovias, construção de dutos, de prédios e pavimentação das áreas. Construções mal planejadas, tanto para casas, fábricas, ruas ou outros tipos de empreendimentos podem causar sérios problemas de erosão. De acordo com El-Swaify et al (1982, In Baptista Neto, 1996), o maior problema é resultante principalmente da remoção da cobertura vegetal e do solo, o que dificulta a infiltração e favorece o escoamento superficial.

Durante a transição do rural para o urbano, a produção de sedimentos se acelera a altos picos durante a terraplanagem e construção. A produção de sedimentos teoricamente é reduzida a níveis bem baixos em áreas comerciais e residenciais. O efeito da urbanização como aceleradora da erosão e produção de sedimentos foi estudada na área entorno das cidades norte-americanas de Washington e Baltimore, no estudo de Wolman e Schick (1967, In Baptista Neto, 1996). Eles indicaram que as concentrações de sedimentos em áreas de construção variam de 3.000 a 150.000 ppm, representando assim uma perda aproximada de 500 t/(ha.ano). Nas bacias agrícolas esta concentração se mostrou bem menor, atingindo valores em torno de 2.000 ppm. A construção de rodovias no estado norte-americano da Geórgia produziu perdas aproximadas de 180–490 t/(ha) em um ano, o que representou perdas da superfície de 3 a 6 cm nas áreas do corte da estrada em menos de um ano. A Figura 3 (Wolman e Schick, 1967 In Baptista Neto, 1996) esquematiza as mudanças na produção de sedimentos com a mudança no uso da terra numa área típica entre os estados norte-americanos de Washington e Baltimore:

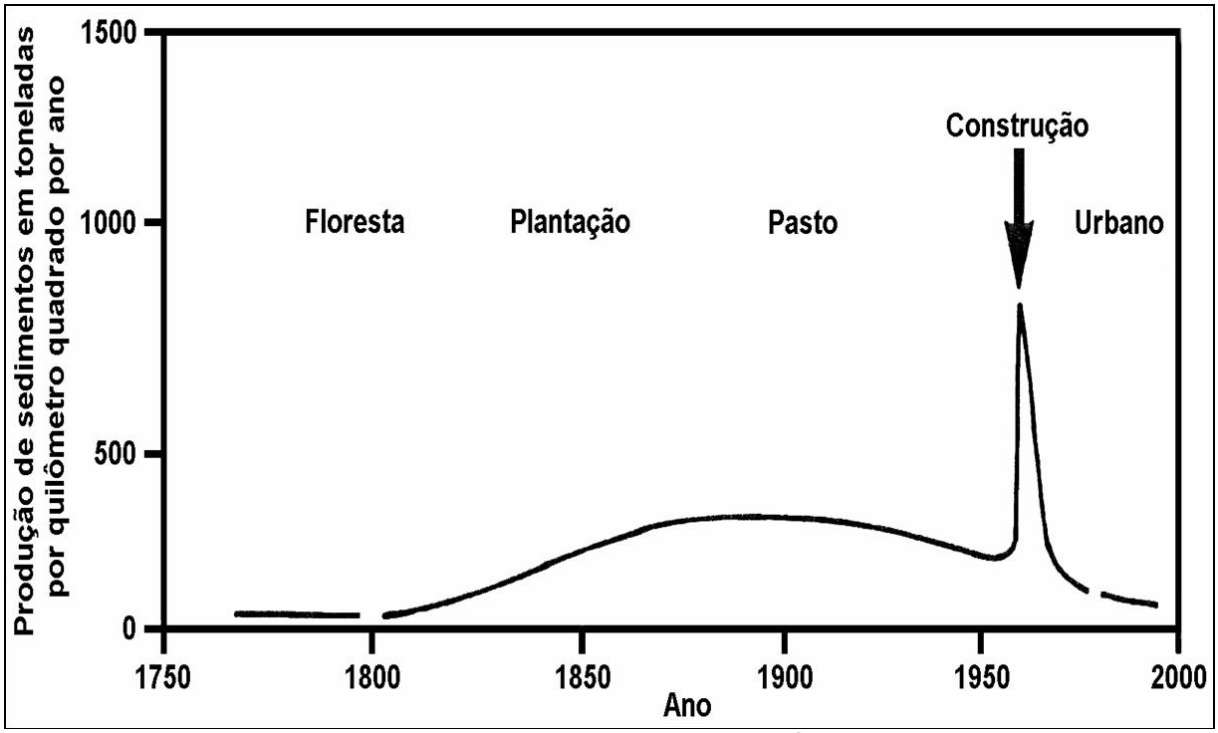

Figura 3. Produção de Sedimentos em Toneladas por Quilômetro Quadrado por ano.

Antes do final do século XVIII, a área permanecia com as condições originais da vegetação, e a produção de sedimentos era baixa. Posteriormente a área foi convertida em fazenda de produção de grãos no século XIX, levando a um aumento na produção de sedimentos. Durante a primeira metade do século XX, medidas de conservação do solo foram introduzidas e parte das terras foi revertida para a produção de madeira e para pasto, enquanto esperavam a sua conversão para subúrbio e cidade. Durante o período em que o terreno é convertido para uso urbano, a produção de sedimentos foi extraordinariamente grande, mas este período foi relativamente curto. Após a área se tornar cidade ou subúrbio com ruas pavimentadas e jardins plantados, a produção de sedimentos se tornou menor de novo.

As pequenas bacias hidrográficas podem ser consideradas áreas naturalmente sujeitas à erosão devido à própria condição de seus terrenos, que se encontram na maioria das vezes em declive de médio a forte. Os efeitos da urbanização nestas bacias têm provocado uma elevação na taxa de sedimentos carreados para os pequenos ou médios cursos d'água, levando assim ao acúmulo de sedimentos por não terem capacidade de transporte elevada, ocorrendo desta forma o assoreamento da calha destes cursos d'água e inundações de planícies marginais, na maioria das vezes ocupadas por habitações. O problema se agrava após a ocorrência de períodos de estiagem prolongada, quando há a redução do grau de coesão dos agregados do solo, determinado pela deficiência hídrica superficial, o que por sua vez leva a constatação de que os máximos de descarga sólida são gerados após estes momentos (CARVALHO, 1994; CASSETI, 1991).

4.1 – Mudanças ocorridas no município de Niterói e na Região Oceânica do município

A partir da primeira metade do século XX, a Região Oceânica começa a passar por um acentuado processo de transformação, já que se torna um dos eixos de expansão urbana da cidade. Têm início assim o processo de especulação imobiliária da região com o parcelamento da área e melhorias nas vias de acesso (PMN/SUMA, 1996).

Nos últimos 30 anos, coincidindo com a ligação do município de Niterói à cidade do Rio de Janeiro pela Ponte Rio-Niterói no ano de 1974, houve uma intensificação da urbanização no município de Niterói. A ocupação urbana atual se concentra na Região Oceânica do município, onde estão localizadas as lagunas costeiras e as praias oceânicas. O processo de parcelamento da Região Oceânica tem início a partir da década de 40. No ano de 1944 surge o "Plano de Urbanização das Regiões Litorâneas de Itaipu e Piratininga" que apesar de não implantado, estimulou alguns investimentos na região. Finalmente, no ano de 1945 é aprovado o primeiro loteamento, denominado "Cidade Balneária de Itaipu". A partir do "Cidade Balneária de Itaipu" foram executados inúmeros outros loteamentos na Região Oceânica (SARDENBERG Jr., 1999; PMN/SUMA, 1996).

Um ano depois, em 1946 (PMN/SUMA, 1996), o poder público representado na figura do extinto DNOS[8] sob alegação de haver necessidade de se evitar o transbordamento que ocorria nas áreas marginais às lagunas de Piratininga e Itaipu, e também ao surto de malária na região devido às áreas alagada, cria o chamado "Canal de Camboatá" ligando as duas lagunas. Nesse momento, o poder público criara uma forma de facilitar a entrada do capital imobiliário, já que o Canal ampliou as terras loteáveis em torno da laguna de Piratininga devido às antigas áreas submersas permanecerem agora expostas.

Os loteamentos nas áreas de Itaipu e Piratininga fizeram surgir bairros inteiros em um curto espaço de tempo, estimulados principalmente pelas empresas imobiliárias. A melhoria dos acessos viários para a região foi determinante para que tal processo ocorresse, apesar da falta de infra-estrutura básica (PMN/SUMA, 1996).

O golpe decisivo foi dado em 1976, quando é aprovado o "Plano Estrutural de Itaipu" pertencente à Veplan Residência. O projeto ia além do tradicional aterro das margens da laguna de Itaipu: seriam feitas obras para a regularização do regime hidráulico desta laguna

[8] DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento, pertencente ao Governo Federal.

através da fixação de sua barra por enrocamento, dragagens e pelo próprio aterro de seu espelho d'água. Com a abertura permanente da barra entre a laguna de Itaipu e o oceano adjacente no ano de 1979, o acesso de embarcações aos terrenos interiores da laguna seria possível. Isto provocou uma completa modificação do ecossistema local, já que as águas da laguna de Piratininga passaram a ser permanentemente drenadas para a laguna de Itaipu através do Canal de Camboatá, não mais acumulando em quantidade suficiente para permitir a abertura de sua barra na Prainha de Piratininga, provocando a redução do espelho d'água principalmente da laguna de Piratininga, abrindo novas áreas para serem loteadas e invadidas nos terrenos antes submersos, tanto na laguna de Piratininga quanto na laguna de Itaipu[9] (AMADOR, 1996; PMN/SUMA, 1996; RESENDE, 1995; CAMPOS, 1982).

O intenso parcelamento do solo urbano ocorreu ao mesmo tempo em que não houve a instalação dos serviços de infra-estrutura, principalmente esgotamento sanitário e abastecimento de água. Da mesma forma, condomínios de classe média-alta e alta surgiram e ao lado destes condominios focos de favelização.

5 – Produção de sedimentos pela urbanização em Niterói

Os processos atuais de erosão e deposição no município de Niterói são fortemente influenciados pelas atividades antrópicas, principalmente pelo processo de urbanização. De acordo com Baptista Neto (1996), a progressão do uso da terra no município de Niterói ocorreu da seguinte forma: da floresta primária, passa-se à agricultura e pasto, depois para floresta secundária[10] e, por fim, a urbanização. A destruição da floresta primária tem início durante século XVI. Já no século XX ocorre uma urbanização acelerada no município de Niterói devido à industrialização a partir de 1930; no entanto, após a construção da ponte Rio-Niterói em 1974 é que há um aumento significativo na população do município, com incremento superior a 50%, produzindo mudanças drásticas no uso da terra, com forte pressão sobre as encostas e regiões costeiras, principalmente na área das lagunas (BAPTISTA NETO et al, 1999).

Segundo Baptista Neto et al (1999), em regiões tropicais, as temperaturas e as altas pluviosidades propiciam a formação de solos profundos na forma de regolitos, que podem transformar-se em sedimentos de escoamento superficial urbano. Além destes fatores ambientais específicos, o que pode diferenciar as cidades de clima temperado da cidade de Niterói, onde o clima é tropical, é que nestas cidades não houve um índice de desmatamento tão intenso quanto em Niterói.

Assim, as encostas do município que inicialmente estavam preservadas do processo de urbanização passam recentemente por uma progressiva e rápida ocupação por favelas e em alguns lugares por residências de alto valor imobiliário, o que vem intensificando os processos erosivos e originando áreas com sérios problemas geotécnicos. O desmatamento das encostas não é o único a desencadear os processos erosivos, mas também o nivelamento do terreno para construção com o corte da encosta promove a desestabilização do talude e o aparecimento de movimentos de massa durante eventos de chuvas intensas e prolongadas (BAPTISTA NETO et al, 1999).

DISCUSSÃO

A forma como vêm sendo feita a ocupação e a utilização do solo, principalmente em áreas urbanas, impõem severas mudanças no que diz respeito ao montante de sedimentos que

[9] Em 1976, o fundo da laguna de Itaipu encontrava-se 20cm acima do nível médio do mar, fato que evidencia seu avançado estágio de colmatação **(Muehe e Albuquerque, 1976 In Lavenère-Wanderley, 1999)**.

[10] As áreas de vegetação secundária são mais propensas à incidência de movimentos de massa, por não desenvolverem estratos arbóreos e raízes profundas, que possibilitariam uma proteção do solo contra as chuvas mais intensas, além de capturarem maior quantidade de solo, até mesmo em profundidade **(RADAM, 1983 In Gonçalves e Guerra, 2001)**.

estão sendo produzidos por estas transformações e os problemas gerados e/ou agravados por esta situação.

A transição do meio rural para o urbano, ou até mesmo das florestas diretamente para o urbano, representa a fase onde se dá a maior produção de sedimentos, que de acordo com Chow (1964, In Vieira e Cunha, 2001), pode ser dividida em três fases: a primeira corresponderia àquela onde o meio pré-urbano seria transformado para o urbano inicial, com remoção de árvores, vegetação e construção de casas; a segunda fase promoveria a construção de muitas casas, edifícios, comércio, calçamento das ruas, e; a última fase, classificada como urbano avançado, promoveria a ocorrência de muitas edificações residenciais e públicas, e a instalação de indústrias.

A aceleração na produção de sedimentos durante o período de transição para o urbano, onde ocorre a terraplanagem do terreno, cortes de encostas e a construção de equipamentos ligados ao urbano, representa a fase de maior pico de produção de sedimentos, que posteriormente tende a se estabilizar quando não mais houver áreas passiveis de produção. Mesmo com o manejo inadequado do solo em áreas agrícolas, a produção de sedimentos não tende a atingir os altíssimos níveis produzidos durante a fase de urbanização, como ficou demonstrado através do estudo de Wolman e Schick (1967, In Baptista Neto, 1996) nas áreas ao redor das cidades norte-americanas de Washington e Baltimore.

No município de Niterói a transição de uma fase para outra fica caracterizada quando as formas de ocupação e utilização da terra, desde os primeiros núcleos populacionais ao redor das igrejas, passando para as favelas, condomínios e loteamentos dos dias de hoje, levam à progressiva substituição de áreas de floresta primária, pela agricultura e pelo pasto, posteriormente pela floresta secundária e, mais recentemente pela intensificação do processo de urbanização, principalmente na Região Oceânica após a ligação rodoviária com a cidade do Rio de Janeiro em 1974 pela Ponte Rio-Niterói.

Tomando como base a fase pós-1970, além da já mencionada ligação com a cidade do Rio de Janeiro, o município de Niterói em consonância com os interesses do capital imobiliário promove uma série de intervenções no sentido de tornar a região onde se encontra o sistema lagunar de Piratininga-Itaipu, hoje conhecida como Região Oceânica, na chamada “área de expansão natural” do município, promovendo alterações que dessem ao capital imobiliário as condições necessárias à sua reprodução.

O Estado assim exerceu a função de definição do “como e quem” irá se beneficiar daquele espaço, levando a uma forma de urbanização que atendeu ao interesse de muito poucos, em detrimento da coletividade, alterando para isso drasticamente o meio e promovendo assim a uma onda de loteamentos e condomínios voltados para as classes mais favorecidas da sociedade. Acompanhando a instalação desses condomínios e loteamentos surgem as favelas, que nascem mescladas a estes espaços privados dentro do público, sem que haja, muitas das vezes, a possibilidade de distinção de onde começa ou onde termina a favela ou os loteamentos e condomínios; talvez pelo simples fato de que a “periferia” encontra-se no “centro”, e em algumas vezes o “centro” se torna “periferia”.

Passados 30 anos da inauguração da Ponte Rio-Niterói, período em que foram feitas as maiores intervenções imobiliário-ambientais na bacia hidrográfica e na própria laguna de Piratininga, esta grande leva de loteamentos, condomínios e favelas que surgiram ao longo das últimas décadas fizeram com que suas encostas “produzissem” uma grande quantidade de sedimentos devido à urbanização, que associado à não implantação de um serviço de esgotamento sanitário, atingem diretamente os canais de drenagem e a própria laguna.

As atuais taxas de crescimento anual dos bairros[11] que compõem a bacia hidrográfica da laguna de Piratininga no período compreendido entre 1991-2000 e o próprio crescimento da Região Oceânica de Niterói (5,92%) neste mesmo período, de uma maneira geral, levam a

[11] Dados do Censo 2000 (www.secitec.niteroi.rj.gov.br, 10/01/2004).

constatação de que as áreas ainda não edificadas serão drasticamente modificadas no decorrer dos próximos anos. Aqueles bairros que hoje possuem as maiores taxas são exatamente aqueles que ainda oferecem terrenos passíveis de serem urbanizados: Jacaré (5,43%); Piratininga (4,93%); Cafubá (4,50%); comprovando assim que a situação sócio-ambiental desta região em relação à forma como está se dando a ocupação e uso da terra tende a se agravar, já que as taxas de crescimento são maiores do que o próprio crescimento do município de Niterói (0,50%).

Desta forma, a intensa ocupação promovida pelo poder público através da melhoria do sistema viário com cortes em encostas que se caracterizam por terem solos profundos para a passagem do traçado de ruas, estradas e avenidas e a intensa ocupação das encostas promovidas pelos diversos condomínios, favelas e loteamentos, levam a um *input* de sedimentos no sistema, disponibilizando assim uma altíssima quantidade destes sedimentos para os canais fluviais e para a laguna de Piratininga, bem como para o próprio escoamento superficial urbano.

A intensa ocupação da porção norte/nordeste/leste da laguna, possuidora das encostas menos íngremes e das maiores áreas de planície, criaram as condições que levaram ao atual estado de degradação por que passa este ponto da bacia hidrográfica. A intensa produção de sedimentos pela urbanização provocou a entrada de material fino (silte e argila) acima do nível de estabilidade do sistema.

Os loteamentos e condomínios nesta região não possuem até o presente momento pavimentação em boa parte das ruas, disponibilizando assim uma grande quantidade de sedimentos que serão direcionados para os sistemas de drenagem e conseqüentemente para a laguna de Piratininga durante evento de precipitação ou para outros locais por ação eólica.

Os 5 sistemas de drenagem que compõem a bacia hidrográfica da laguna de Piratininga: Córrego da Viração, Valão do Cafubá, Rio Arrozal, Valão de Santo Antônio e o Rio Jacaré, que é o principal deles, são sistemas que possuem uma baixa vazão natural devido à sua própria formação. Os depósitos fluvio-lacustres, a baixa declividade entre a baixada e a laguna e, o próprio afloramento do lençol freático existente na região contribui para o agravamento da situação gerada pela falta de ordenação no uso e ocupação do solo.

A grande quantidade de esgotos lançados in natura no Valão de Santo Antônio, por exemplo, faz com que haja um aumento na quantidade de material orgânico associado aos sedimentos finos, trazendo assim um agravamento das condições sócio-ambientais nesta região, com problemas de ordem sanitária, assoreamento do canal e conseqüente risco de inundações em períodos de grande precipitação, bem como o assoreamento da própria laguna, fazendo com que o canal e a laguna tenham sua dinâmica alterada, além de ser esteticamente desagradável.

Os rios Arrozal e Jacaré, pertencentes a esta porção da bacia hidrográfica, apresentaram de acordo com Cunha (1996) vazões médias de 0,03 m^3/s e profundidade média de 30cm durante o período de junho/1994 a abril/1995, sendo a maior vazão registrada de 0,07 m^3/s no mês de junho de 1994, coincidentemente o mais chuvoso daquele ano segundo a autora. Nos períodos de seca, os rios apresentaram vazões inferiores a 0,01 m^3/s, marcando a completa estagnação das águas e levando o leito dos rios a ficar quase seco.

Uma parcela considerável dos sedimentos produzidos pelas construções ou pela terraplanagem está sendo transportada por ação eólica e se acumulam nas ruas, criando transtornos para os moradores e comerciantes devido à grande quantidade de material particulado em suspensão no ar, bem como para os próprios trabalhadores da CLIN[12], que permanentemente são obrigados a recolher uma imensa quantidade de sedimentos depositados nas ruas, que de acordo com o estudo de Baptista Neto et al (1999), podem ser

[12] Companhia de Limpeza de Niterói.

considerados como um dos principais veículos de transporte de poluentes (metais pesados) para os rios e ambientes costeiros através do escoamento superficial urbano.

Baptista Neto et al (1999) mostraram que os teores médios dos metais pesados (Cu, Pb, Zn, Ni e Cr) nos sedimentos de escoamento superficial urbano de Niterói são mais elevados do que os encontrados nos principais materiais das áreas-fonte, representados principalmente por solos e regolitos, e também das áreas receptoras (enseada de Jurujuba, lagunas de Piratininga e Itaipu).

Como a vertente noroeste/oeste (Morro da Viração) ainda encontra-se em um estágio bem inicial de ocupação, com a maior parte desta vertente ainda florestada, a produção de sedimentos pela construção de edificações, ruas e equipamentos urbanos está em situação menos crítica se comparada à vertente norte/nordeste/leste, mesmo sendo esta vegetação do tipo secundária e em alguns pontos arbustiva. Isto reflete na diferença de profundidade existente entre a porção nordeste e a porção oeste da laguna. Enquanto a porção nordeste apresenta profundidade média de 0,5m e maior turbidez da água, na porção oeste a profundidade média foi de 0,7m e a água se mostrou menos turva de acordo com Cunha (1996), talvez devido ao menor aporte de sedimentos finos que entram na laguna por esta região.

No setor oeste, durante todo o ano, ocorre os maiores bancos de macroalgas da laguna, que de acordo com Cunha (1996) pode estar associado à baixa taxa de salinidade nesta área, já que a predominância é do tipo *Chara*, típica de ambientes salobros. Um grande banco de macroalga parte da ilha do Pontal em direção ao centro lagunar.

No entanto, a existência de clarões promovidos pela ocupação por favelas e algumas construções isoladas com plantações de bananeiras (principalmente), atestam para o fato de que aos poucos a vertente do Morro da Viração terá sua estabilidade modificada pela urbanização. Nestes clarões não há pavimentação e o solo encontra-se desprovido de qualquer proteção, deixando o regolito inconsolidado e passível de ser removido durante a precipitação, por qualquer processo erosivo ou pelo vento.

Segundo Phlegher (1969, In Resende, 1995), a distribuição dos sedimentos no interior das lagunas obedeceria a um padrão através do qual os sedimentos mais finos são, geralmente, depositados nas partes mais internas, já que nestas áreas a competência das correntes é menos efetiva. No caso dos sedimentos de granulometria grossa, estes se localizam preferencialmente no fundo dos canais, formando um pavimento gerado em ciclos anteriores pela ação de correntes. No estudo de Resende (1995) fica comprovado que na laguna de Piratininga há predominância de areias nas partes marginais e sedimentos síltico-argilosos nas partes mais centrais e profundas da laguna.

A partir do momento que houver a intensificação da urbanização nesta região com a abertura de novos loteamentos ou pela favelização, fatalmente haverá o desmatamento desta vertente, cortes na encosta para o traçado de ruas, nivelamento do solo para construção de edificações, construção de equipamentos públicos etc., tendo como conseqüência o aumento da produção de sedimentos nesta região. Assim, a vertente do Morro da Viração possivelmente contribuirá com uma carga bastante elevada de sedimentos finos (silte e argila) que atingirão a porção sudoeste/oeste/noroeste da laguna de Piratininga em proporções muito maiores do que a quantidade produzida hoje na porção nordeste.

Da mesma forma, o lançamento de esgoto *in natura* no córrego da Viração e na própria laguna também serão multiplicados pela intensificação das ocupações e o não tratamento dado aos efluentes, havendo portanto uma maior taxa de assoreamento do córrego e da laguna pela associação da matéria orgânica com os sedimentos devido ao incremento populacional e a grande carga de efluentes domésticos *in natura* nos canais, contribuindo assim para o aumento da quantidade acumulada de material orgânico devido, entre outros fatores, à ocorrência dos maiores percentuais de sedimentos finos (silte e argila) que serão disponibilizados. No estudo de Resende (1995) isto fica comprovado na porção nordeste.

A porção noroeste/oeste da laguna tenderia assim a ficar em pior situação do que a porção nordeste, já que além do *input* de sedimentos e de uma maior quantidade de matéria orgânica associada à este, pode ocorrer uma mortandade de macroalgas devido à uma mudança natural das condições necessárias à sua sobrevivência (climática, por exemplo), podendo desta forma acelerar o processo de colmatação desta área da laguna à níveis superiores aos já praticados. A maior disponibilidade de sedimentos para o escoamento superficial urbano também traria uma carga de metais pesados acima do que é naturalmente disponibilizado para o sistema, ocasionando desta forma uma série de outras complicações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de produção de sedimentos ocorre naturalmente no meio ambiente, no entanto, as atividades de modificação do uso da terra, principalmente aquelas ligadas ao processo de urbanização estão contribuindo de forma decisiva para que haja alterações em áreas de produção natural de sedimentos pela criação de novas áreas produtoras, bem como o aumento da produção nas áreas hoje produtoras, com um volume de sedimentos bem acima dos níveis naturais.

As conseqüências do processo de urbanização e alterações do uso da terra na Bacia Hidrográfica da laguna de Piratininga pós-década de 70, em relação ao grande volume de sedimentos disponibilizados pelas construções, terraplanagens, abertura de ruas, etc., passam a ser sentidos cada vez mais, já que os ambientes receptores (rios e laguna) estão passando por problemas com a perda da qualidade da água pela turbidez, com a concentração de matéria orgânica nos sedimentos, pelo assoreamento, pela grande quantidade de partículas em suspensão no ar e, pela carga de metais pesados trazidos para estes ambientes pelo escoamento superficial urbano. Pelo fato de ainda haver áreas passiveis de ocupação, principalmente na vertente do Morro da Viração, a situação tende a se agravar ainda mais.

O crescimento de áreas urbanizadas tem gerado um grande volume de sedimentos produzidos pelas construções e pelos solos expostos da encosta pelo desmatamento, levando a constatação de que as encostas do município de Niterói podem ser consideradas os principais locais de produção de sedimentos.

Desta forma, estes sedimentos não são apenas um problema pontual: a partir do momento em que passam a manter contato com atividades antropogênicas e a serem disponibilizados artificialmente no meio, estes geram inúmeros problemas, que não são apenas ambientais no sentido ecológico: são problemas sociais e econômicos.

Os canais de drenagem da Bacia Hidrográfica da Laguna de Piratininga refletem de montante a jusante as influências que ocorrem no interior da bacia, sejam influências naturais, antrópicas ou ambas, tendo reflexos extremamente negativos principalmente na laguna.

REFERÊNCIAS

AMADOR, E.S. Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza. PPGG/UFRJ, 1996. 539 pp. (Tese de Doutorado).

AMARAL FILHO, Z.P. Principais tipos de Solos de Goiás e seus relacionamentos com a susceptibilidade à Erosão. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro; IBGE, N.09, pp.49-66, 1993.

BAPTISTA NETO, J.A. Sedimentological Evidence for Human Impact on a Nearshore Sedimentary Environment: Jurujuba Sound, Rio de Janeiro State, Brazil, 1996. 330 pp. (Ph.D. dissertation, The Queen's University of Belfast, Irlanda do Norte/Reino Unido).

BAPTISTA NETO, J.A.; SMITH, B.J.; MCALLISTER, J.J. Concentração de Metais Pesados em Sedimentos de Escoamento Superficial Urbano: Implicações quanto à Qualidade Ambiental em Niterói. **An. da Academia Brasileira de Ciências**. 1999, pp. 981-995.

CASSETI, V. Ambiente e Apropriação do Relevo. São Paulo: Contexto, 1991. 146 pp.

CAICEDO, N.L. Água Subterrânea. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação (org.)**. 2ª edição. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. pp. 289-333.

CAMPOS, J.N.B. Itaipu – Desenvolvimento urbano futuro de Niterói. Instituto de Geociências/UERJ, 1982. (Monografia de Graduação).

CARVALHO, N.O. Hidrossedimentologia Prática. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372 pp.

CUNHA, L.C. Dinâmica de nutrientes e biomassa algal no sistema laguna de Piratininga, Niterói – RJ: efeitos da instalação de uma comporta. Geoquímica/UFF, 1996. 115 pp. (Dissertação de Mestrado).

DOUGLAS, I. Urban Geomorphology. In: FOOKES, P.G., VAUGHAN, P.R. **A Handbook of Engineering Geomorphology**. USA: Chapman and Hall, 1986. pp. 270-283.

GONÇALVES, L.F.H.; GUERRA, A.J.T. Movimentos de Massa na Cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil** (orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. pp. 189-.252.

LAVENÈRE-WANDERLEY, A.A.O. Caracterização Ambiental da Lagoa de Itaipu através do entendimento dos processos sedimentares em associação com a dinâmica atual. LAGEMAR/UFF, 1999. 141 pp. (Dissertação de Mestrado).

MAIA, M.A.G. Aspectos físico-territoriais. In: Secretaria Municipal de Ciência e Tecnologia (org.). **Niterói: perfil de uma cidade**. Niterói, RJ: SECITEC, 1999. pp. 45-56.

MIRANDA, L.B., CASTRO, B.M. e KJERFVE, B. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. São Paulo: Edusp, 2002. 424 pp.

PERRIN, P. Physiography and Surface Formations of the East Fluminense Coast, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: KNOPPERS, B.A., BIDONE, E.D.; ABRÃO, J.J. (Eds.). **Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems.** Niterói: UFF/Programa de Geoquímica Ambiental; Rio de Janeiro: FINEP. (Série Geoquímica Ambiental, 6), 1999. pp. 11-23.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI-PMN. Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente-SUMA. Caracterização da Região Oceânica. [CD-ROM], 1996. 133 pp.

RESENDE, M.C.C.M. Processos sedimentares naturais e antrópicos na Laguna de Piratininga – Niterói/RJ. PPGG/UFRJ, 1995. 109 pp. (Dissertação de Mestrado).

RESENDE, M.C.C.M.; SILVA, M.A.M. Sedimentologia da Laguna de Piratininga – Niterói/RJ. **Revista Brasileira de Geografia,** V.57, N.4, 1995.

SARDENBERG JR., H. O efeito do uso do solo na instabilidade de encosta no Município de Niterói, RJ. LAGEMAR/UFF. Processo N°: E-26/150.862/97, 1999. 58 pp.

VIEIRA, V.T.; CUNHA, S.B. Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil** (orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. pp. 111-145.

www.secitec.niteroi.rj.gov.br, acesso em 10/01/2004.